

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-276729

(43)Date of publication of application : 06.10.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/66

G11B 5/64

G11B 5/85

H01F 10/16

H01F 10/30

(21)Application number : 11-077739

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 23.03.1999

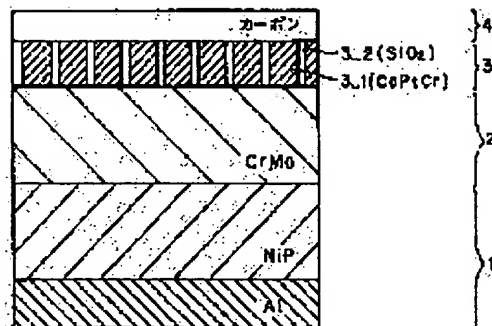
(72)Inventor : KAIZU YOSHITAKE
SATO HISATERU
OKAMOTO IWAO

(54) MAGNETIC MEMORY MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic memory medium which is capable of recording information with a high recording density and reproducing the information with high signal quality (a high S/Nn) and has a good overwriting characteristic while achieving the longer life of the recorded information.

SOLUTION: This magnetic memory medium has a recording layer 3 on a nonmagnetic substrate 1. The recording layer 3 consists of a nonmagnetic matrix 3.2 and a plural crystal grains 3.1 which are dispersed in the nonmagnetic matrix 3.2 and penetrate the recording layer 3 in a columnar state exhibiting ferromagnetism. These crystal grains 3.1 are 30 nm in the average height thereof and 15 nm in the average grain size in the intra-surface direction of the layer. The $(K_u V) / (k_B T)$ thereof is 60 and the average anisotropic magnetic field H_k thereof is 10 kOe.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-276729

(P2000-276729A)

(43)公開日 平成12年10月6日(2000.10.6)

(51)IntCl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト*(参考)
G 1 1 B	5/66	G 1 1 B	5 D 0 0 6
	5/64		C 5 D 1 1 2
	5/85		C 5 E 0 4 9
H 0 1 F	10/16	H 0 1 F	
	10/30		

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平11-77739

(22)出願日 平成11年3月23日(1999.3.23)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 貝津 功剛

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 佐藤 久輝

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 100094330

弁理士 山田 正紀

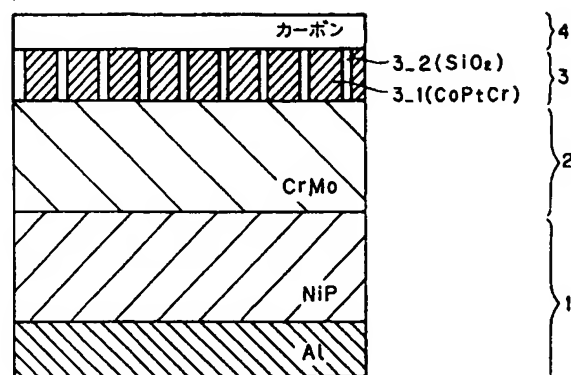
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気記憶媒体

(57)【要約】

【課題】 高記録密度で情報を記録し、かつその情報を高い信号品質(高S/N_m)で再生することが可能であるとともに、記録されている情報の長寿命化が図られながらもオーバーライト特性が良好な磁気記憶媒体を提供する。

【解決手段】 非磁性の基板1上に記録層3を有し、記録層3は非磁性のマトリックス3__2と、非磁性のマトリックス3__2中に分散されとともに強磁性を示す柱状で記録層3を貫く複数の結晶粒体3__1とからなり、それらの結晶粒体3__1は、その平均の高さが30nm以下であり層の面内方向の平均粒径が15nm以下であるとともに(K_u・V)/(k_B・T)が60以上でありかつ平均の異方性磁界H_kが10kOe以下である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非磁性の基板と、非磁性の材料中に強磁性の材料からなる複数の結晶粒体が分散されてなるとともに該複数の結晶粒体の磁化容易軸が層に平行に配向してなる記録層とを有する磁気記憶媒体において、前記記録層に分散された複数の結晶粒体のそれぞれが、該記録層の面を貫くとともにその高さが 30 nm 以下である柱状の粒体であって該複数の結晶粒体の該記録層の面内方向の粒径の平均値が 15 nm 以下であり、さらにボルツマン定数 k_B (単位: erg/K) と温度 T (単位: K) の積に対する該複数の結晶粒体の磁気異方性エネルギーの平均値 K_u (単位: erg/cm^3) と該複数の結晶粒体の体積の平均値 V (単位: cm^3) の積の比である $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$ が 60 以上であり、かつ該複数の結晶粒体それぞれの異方性磁界の平均値 H_k が 10 kOe 以下であることを特徴とする磁気記憶媒体。

【請求項 2】 前記基板がディスク状の基板であるとともに、前記記録層に含まれる複数の結晶粒体それぞれの磁化容易軸が該ディスク状の基板の円周方向に配向してなることを特徴とする請求項 1 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 3】 前記記録層中の結晶粒体が、Co および Pt を含む合金からなることを特徴とする請求項 1 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 4】 前記記録層中の非磁性の材料が、酸化物セラミックスからなることを特徴とする請求項 1 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 5】 前記基板と前記記録層との間に、非磁性の材料からなる下地層を有することを特徴とする請求項 1 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 6】 前記下地層が、Cr を含む合金からなることを特徴とする請求項 5 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 7】 前記下地層と前記記録層との間に、これら下地層と記録層との双方に隣接して、該下地層を構成する材料とは異なる非磁性の材料からなる中間層を有することを特徴とする請求項 5 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 8】 前記下地層が、Cr を含む合金からなるとともに、前記記録層中の結晶粒体が、Co および Pt を含む合金からなり、さらに前記中間層が、Co および Cr を含む合金からなることを特徴とする請求項 7 記載の磁気記憶媒体。

【請求項 9】 前記基板と前記下地層との間に、これら基板と下地層との双方に隣接して、該下地層を構成する材料とは異なる材料からなるシード層を有することを特徴とする請求項 5 記載の磁気記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、情報の記録再生を行うための磁気ディスク装置に好適な磁気記憶媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】 情報処理装置で扱われる記録情報の増加に伴って、この情報処理装置の外部記憶装置として使用される磁気記憶装置は、コンパクトであるとともにますます記憶容量の大きなものが要求されている。そのため磁気記憶装置には、高い記録密度で記録することが自在な磁気記憶媒体が必要とされる。しかし、従来の磁気記憶媒体では、高い記録密度で磁気情報が記録されるほど、その記録された磁気情報の再生信号に対する S/N が低下すること（再生信号の出力 S に対して媒体ノイズ N が増大すること）が知られている。

【0003】 一般に、磁気記憶媒体は磁気情報が記録される記録層を有し、1 ビットの磁気情報は、その記録層の 1 ビットセル内に存在する複数の強磁性を示す結晶粒子の各々の磁化の集合からなる全磁化の方向によって示される。この 1 ビットセル内の磁化は、磁気情報が記録された状態ではほぼ 1 方向に揃うと考えてよい。しかし、隣りの 1 ビットセルの磁化がこの方向と逆の方向に揃っている場合には、それらの隣り合う 1 ビットセルどうしの境界付近で、ある幅を持ち、互いに逆方向を向く磁化がジグザグに入り交じる領域（磁化遷移領域）が生ずる。上述した媒体ノイズが発生する原因の 1 つは、この磁化遷移領域での磁化のばらつきにある。

【0004】 この磁化のばらつきは、強磁性を示す結晶粒子の間の磁気的な相互作用に起因して生ずることが知られている。本発明者等は、この磁気的な相互作用が弱められた媒体として、グラニュー磁気記憶媒体を提案した（特願平 07-160437 号）。このグラニュー磁気記憶媒体は、Fe もしくは Fe 系の合金あるいは Co もしくは Co 系の合金からなる複数の強磁性の結晶粒子が、これらの合金とは非固溶な非磁性の物質中に分散して互いに孤立してなる記録層を有するものである。このようにこれらの複数の結晶粒子が互いに孤立することによりそれらの強磁性の結晶粒子の間の磁気的な相互作用がほぼ完全に分断され、この結果、この磁化遷移領域での磁化のばらつきに起因する媒体ノイズが低減せられる。

【0005】 また、媒体ノイズは結晶粒子の粒子サイズのばらつきによっても発生する。再生出力は 1 ビットセル内の結晶粒子の体積の総和に比例すると考えられる。そのため、1 ビットセル内の平均粒子サイズが大きくなるとその粒子サイズのばらつきも大きくなり、結果として再生出力のばらつきが大きくなって媒体ノイズも増大する。したがって、磁気記憶媒体の記録層において結晶粒子の粒子サイズがより小さくなるよう調整されることで、この磁気記憶媒体の媒体ノイズ N はさらに低減されて、 S/N が向上すると考えられる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、磁気的な相互作用が分断されて磁気的に孤立している強磁性の結晶粒

子に記録された磁化は、粒子サイズが小さければ小さいほど、その磁化を所定方向へ安定化させる異方性エネルギー $K_u \cdot V$ (磁気異方性エネルギー \times 粒子の体積) が小さくなる。この異方性エネルギー $K_u \cdot V$ が小さくなると熱の影響で磁化の方向が揺らぐ熱揺らぎ現象が生ずる。そのため、粒子サイズが所定のサイズ以下になると、室温であっても各粒子の磁化に熱揺らぎ現象が生じて、強磁性の結晶粒子の磁化の総和からなる 1 ビットセル内の記録磁化が消えてしまうという問題がある。

【0007】その結晶粒子の体積 V を減少させながら異方性エネルギー $K_u \cdot V$ を大きい値にとどめるために、結晶粒子の材料として磁気異方性エネルギー K_u の大きなものを採用することが考えられる。しかし、現在一般に使用されている記録ヘッドでは、そのように大きな磁気異方性エネルギー K_u を持つ結晶粒子の磁化を反転させるような強い磁界を発生させることができない。そのため、磁気情報の再記録時になお残留している磁気情報の再生出力に対する新たに記録された磁気情報の再生出力の大きさの比によって表される、磁気記憶媒体のオーバーライト特性 (O/W) が悪化するという問題がある。

【0008】本発明は上記事情に鑑み、高記録密度で情報を記録し、かつその情報を高い信号品質 (高 S/N) で再生することが可能であるとともに、記録されている情報の長寿命化が図られながらもオーバーライト特性が良好な磁気記憶媒体を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の磁気記憶媒体は、

(1) 非磁性の基板

(2) 非磁性の材料中に強磁性の材料からなる複数の結晶粒体が分散されてなるとともにその複数の結晶粒体の磁化容易軸が層に平行に配向してなる記録層とを有し、さらに、記録層に分散された複数の結晶粒体のそれぞれが、その記録層の面を貫くとともにその高さが 30 nm 以下である柱状の粒体であってその複数の結晶粒体のその記録層の面内方向の粒径の平均値が 15 nm 以下であり、さらに、ボルツマン定数 k_B (単位: $e r g / K$) と温度 T (単位: K) の積に対するその複数の結晶粒体の磁気異方性エネルギーの平均値 K_u (単位: $e r g / c m^3$) とその複数の結晶粒体の体積の平均値 V (単位: $c m^3$) の積の比である $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$ が 60 以上であり、かつその複数の結晶粒体それぞれの異方性磁界の平均値 H_k が 10 k O e 以下であることを特徴とする。

【0010】次世代の磁気記憶媒体として、10 G b i t / i n c h² を超える記録密度を有する磁気記憶媒体が望まれている。10 G b i t / i n c h² の記録密度を有する磁気記憶媒体の 1 ビットセルの大きさは 100

n m \times 600 n m 程度である。

【0011】本発明の磁気記憶媒体は、このような大きさの 1 ビットセルを有する場合、以下にあげる特性を有する。なお、詳細については実施形態で説明する。まず、記録層の複数の結晶粒体の粒径の平均値が 15 nm 以下に抑えられることで、この磁気記憶媒体はその記憶される磁気情報を高い正確さで再生できる 25 d B 以上の高い S/N を示す。また、この磁気記憶媒体は、記録層の複数の結晶粒体がそのような粒径を有する場合、記録層の厚さが 30 nm 以下に抑えられることにより磁化遷移領域の幅が所定の大きさ以下に抑えられて、有効に記録できる記録密度を表す指標である分解能が高められる。さらに、この磁気記憶媒体は、上記 $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$ が 60 以上にされることで記録層の複数の結晶粒体それぞれの磁化の熱揺らぎが抑えられ、記録層に記憶される磁気情報は、実用上要請される長い寿命が保証される。また、この磁気記憶媒体は、記録層の複数の結晶粒体の異方性磁界の平均値 H_k が 10 k O e 以下に抑えられることにより、良好な O/W を示す。

【0012】この O/W をさらに向上させて実用に足る値にするには H_k をいっそう減少させればよい。ただし、一般に複数の結晶粒体の異方性磁界の平均値 H_k の減少とともにその複数の結晶粒体の磁気異方性エネルギーの平均値 K_u も減少する。そのため、 H_k を減少させすぎると K_u が減少することにより上記 $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$ の値が上述した 60 という制限値を下まわることになる。しかし、本発明の磁気記憶媒体では、記録層の複数の結晶粒体それぞれは、その記録層を貫く柱状の粒体である。そのため、それらの結晶粒体は、記録層の中に球状の結晶粒子が埋め込まれている場合と比べて、その高さ方向で体積を得ることによりその体積の平均値 V を増加させている。その体積の平均値 V の増加により、上記 $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$ の値を保ちながらもさらに K_u も減少させることができ、ひいては H_k も減少させられる。

【0013】また、同じ H_k であっても、この磁気記憶媒体は、記録層のそれぞれの結晶粒体が記録層を貫くためそれらの結晶粒体の磁化は記録層の面内方向に優先的に配向する。このように配向している磁化は、磁気情報の再書き込みの際にヘッドの磁界により反転され易いため、磁気記憶媒体の O/W はさらに向上する。

【0014】このように、本発明の磁気記憶媒体は、高い分解能を持つとともに高い S/N を示し、さらに実用上必要な寿命の長さを有する磁気情報を記憶するとともに実用レベルの高い O/W を示す。

【0015】上記磁気記憶媒体は、基板がディスク状の基板であるとともに、記録層に含まれる複数の結晶粒体それぞれの磁化容易軸がそのディスク状の基板の円周方向に配向してなることが好ましい。

【0016】一般に、高記録密度の磁気記憶媒体はディ

スク状の基板に形成されており、その磁気記憶媒体に磁気情報を記録もしくは再生するヘッドの磁界の方向はそのディスク状の基板の円周方向を向く。記録層に含まれる複数の結晶粒体それぞれの磁化容易軸がその円周方向に配向すると、磁気記憶媒体は、その O/W が向上する。また、この配向により、磁気記憶媒体は、その円周方向の保持力 H_c が増大して磁化遷移領域の幅が狭まるためその分解能が高められる。

【0017】また、上記磁気記憶媒体は、記録層中の結晶粒体が、 Co および Pt を含む合金からなることが好ましい。

【0018】 Co は六方晶の結晶構造を有するとともに一軸結晶磁気異方性を有する強磁性材料であって、その磁化が配向しやすいため記録層の材料として適している。また、この Co に、 Pt を添加することにより、これらの元素を含む合金からなる結晶粒体を有する磁気記憶媒体は、その保持力 H_c が高められてその分解能が向上する。

【0019】また、上記磁気記憶媒体は、記録層中の非磁性の材料が、酸化物セラミックスからなることが好ましい。

【0020】金属と酸化物セラミックスとは非固溶であるので、この磁気記憶媒体では、記録層における強磁性の材料からなる結晶粒体どうしの分離が良好である。このため、この磁気記憶媒体は、その媒体ノイズ N_b が低減され、高い S/N_b を示す。

【0021】また、上記磁気記憶媒体は、

(3) 基板と記録層との間に、非磁性の材料からなる下地層を有することが好ましい。

【0022】この下地層を有する磁気記憶媒体は、この下地層上に記録層の複数の結晶粒体をそれぞれヘテロエピタキシャル成長させることでその複数の結晶粒体の磁化の配向が増大する。

【0023】上記下地層を有する磁気記憶媒体では、その下地層が、 Cr を含む合金からなることが好ましい。

【0024】下地層の材料である Cr を含む合金の(110)面の面間隔は、記録層の結晶粒体の材料である Co および Pt を含む合金の(002)面の面間隔とほぼ一致する。そのため、その下地層の上でそれらの複数の結晶粒体がヘテロエピタキシャル成長することにより、これらの結晶粒体の磁化が記録層の面内方向に優先的に配向する。

【0025】上記(3)の下地層を有する磁気記憶媒体は、

(4) その下地層と記録層との間に、これら下地層と記録層との双方に隣接して、その下地層を構成する材料とは異なる非磁性の材料からなる中間層を有することが好ましい。

【0026】この中間層は下地層と記録層とを仲介する

層であり、この中間層によって仲介されることにより記録層に含まれる複数の結晶粒体の粒径のばらつきは減少する。そのため、この中間層を有する磁気記憶媒体は高い S/N_b を示す。

【0027】上記中間層を有する磁気記憶媒体は、その下地層が、 Cr を含む合金からなるとともに、その記録層中の結晶粒体が、 Co および Pt を含む合金からなり、さらにその中間層が、 Co および Cr を含む合金からなることが好ましい。

【0028】このような Co および Cr を含む合金は、記録層の Co および Pt を含む合金と下地層の Cr を含む合金の中間的材料であるため、その記録層とその下地層を仲介する中間層の材料として適している。また、この中間層の上に記録層の複数の結晶粒体は良好にヘテロエピタキシャル成長する。

【0029】上記(3)の下地層を有する磁気記憶媒体は、

(5) 基板とその下地層との間に、これら基板と下地層との双方に隣接して、その下地層を構成する材料とは異なる材料からなるシード層を有することが好ましい。

【0030】基板は表面が粗く、基板と下地層の間にシード層を挟むことによりその下地層の面が平滑化される。この下地層の平滑化により記録層の結晶粒体の磁化の配向が向上する。

【0031】

【発明の実施形態】以下、本発明の実施形態について説明する。

【0032】本発明の実施形態の磁気記憶媒体の構成について説明する前に、次世代の磁気記憶媒体として望まれている、 10 Gbit/inch^2 を超える高い記録密度を有する磁気記憶媒体の記録層に含まれる強磁性の結晶粒体に必要な4つの構成上の条件について説明する。

【0033】まず、この磁気記憶媒体は、その記憶される磁気情報を高い正確さで再生できる25dB以上の S/N_b を有することが要請される。実用に際して少なくともこの程度の S/N_b が必要であると考えられている。この磁気記憶媒体の記録層中の強磁性の結晶粒体の粒径 D (単位はnm)に対する S/N_b を評価するために、次の文献「H. Neal Bertram, Hong Zhou and Roy Gustafson: "Signal to Noise Ratio Scaling and Density Limit Estimates in Longitudinal Magnetic Recording", IEEE Trans. Magn., Vol. 34, p1845, June 1998.」に与えられている S/N_b の式を利用する。

【0034】

【数1】

$$S/N_m \approx \frac{0.31\gamma B^2 W}{\alpha^2 D^3}$$

【0035】ここで、係数 $\gamma=2$ 、係数 $\alpha=2$ である。なお、この式では、複数の結晶粒体それぞれは、お互いに磁気的な相互作用をほとんど及ぼし合わない仮定されている。10Gbit/inch²の記録密度を有する磁気記憶媒体は、そのビット長（1ビットセルの長さ） B は100nm程度であり、また、そのトラック幅（1ビットセルの幅） W は600nm程度である。このような大きさの1ビットセルを有する磁気記憶媒体での、結晶粒体の粒径 D に対する S/N_m を図1に示す。

【0036】図1は、10Gbit/inch²の記録密度を有する磁気記憶媒体をモデルとした場合の、結晶粒体の粒径 D に対する S/N_m を示すグラフである。

【0037】横軸は、結晶粒体の粒径 D （nm）を表し、縦軸は、 S/N_m （dB）を表す。グラフ中の実線は、粒径が D （nm）である複数の結晶粒体からなる記録層を有する磁気記憶媒体の示す S/N_m （dB）を表す。その実線が示すように、粒径 D が1nm程度から30nmまで増加するにつれて、 S/N_m は、60dB程度から15dBまで単調に減少する。上述した、25dB以上の S/N_m を得るためには、このグラフから、粒径 D が15nm以下であることが要請される。また、現状の信号処理で要求される30dB程度の S/N_m が得られればなおよく、そのためには、このグラフからわかるように、粒径 D が10nm以下であることがより好ましい。

【0038】また、10Gbit/inch²を超える高い記録密度を有する磁気記憶媒体には、分解能の高さも重要である。分解能を決定する媒体側の要因は、磁化遷移領域の幅 a の大きさであり、その記録層の厚さ δ に対する依存性が数2で表される。

【0039】

【数2】

$$a = \left[\frac{4M_r \delta \left(d + \frac{\delta}{2} \right)}{H_c} \right]^{1/2}$$

【0040】ここで、記録層の残留磁化密度 M_r は500emu/cc、ヘッドと記録層の距離を表す磁気スピンシング d は30nm、そして保持力 H_c は2500Oeととる。いずれの値も10Gbit/inch²の記録密度を有する磁気記憶媒体用に設定されている。この場合の記録層の厚さ δ に対する磁化遷移領域の幅 a の大きさが図2に示される。

【0041】図2は、10Gbit/inch²の記録密度を有する磁気記憶媒体をモデルとした場合の、記録層の厚さ δ に対する磁化遷移領域の幅 a の大きさを示すグラフである。

【0042】横軸は、記録層の厚さ δ （nm）を表し、縦軸は、磁化遷移領域の幅 a （nm）を表す。グラフ中の実線は、記録層の厚さが δ （nm）であるときの、その記録層を有する磁気記憶媒体が示す磁化遷移領域の幅 a （nm）を表す。その実線が示すように、厚さ δ が0nmから40nmまで増加するに伴って、磁化遷移領域の幅 a は0nmから40nmまで単調に増大する。

【0043】一般に、実験などによりこの磁化遷移領域幅 a は結晶粒径 D の2倍程度まで狭めることができると考えられており、粒径 D が15nmの結晶粒体を有する磁気記憶媒体の記録層の磁化遷移領域の幅 a は30nmまで狭められる。そして、上述した粒径 D が15nm以下の結晶粒体を有する磁気記憶媒体は、高い分解能を得るためにその記録層の磁化遷移領域の幅 a が最大でも30nmであることが好ましい。そのため、このグラフからわかるように、その記録層の厚さ δ は30nm以下であることが要請される。上述した10nmの粒径 D を基準にすると20nm以下の磁化遷移領域の幅 a が望まれるので、この記録層の厚さ δ は、このグラフからわかるように15nm以下であればなお良い。

【0044】また、この磁気記憶媒体は、記録層中の結晶粒体の磁化によって担われる磁気情報が長い寿命を有することを要請される。上述したように、 $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$ が大きいほどその寿命は長い。この観点から、 $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$ は60以上の値であることが好ましく、この値であれば、この磁気記憶媒体は、所定時間間隔での再書き込みの技術により補われるなどしてその磁気情報を保持できる。これに関しては、文献「Pu-Ling Lu and Stanley H. Charap. "Thermal instability at 10Gbit/in² magnetic recording". IEEE Trans. Magn., vol. 30, no. 6, Nov. 1994」に掲載されている。

【0045】また、この磁気記憶媒体は良好なO/Wを示すことが重要である。磁気情報の書き込みを行う磁気ヘッドの書き込み磁界の限界は、ヘッド材料の飽和磁化強度 B_s により制限される。最も B_s が高い材料で2T（20kOeに相当）程度であり、このような材料で10kOe程度の書き込み磁界を発生させることが可能であるとされている。そのため、この磁気記憶媒体

は、良好な O/W を示すためにその記録層の複数の結晶粒体の異方性磁界の平均値 H_k が 10 kOe 以下に抑えられることが好ましい。

【0046】以上の4つの条件を満たす、本発明の実施形態について説明する。

【0047】図3は、本発明の第1の実施形態の磁気記憶媒体の断面構造を示す図である。

【0048】この磁気記憶媒体は基板1と下地層2と記録層3と保護層4により構成されている。基板1はアルミニウムディスク基板にNiPメッキが施されたものである。基板1に隣接して 50 nm の厚さの下地層2が形成され、さらにその下地層2の上部に 15 nm の厚さの記録層3が形成される。

【0049】記録層3は、 $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{15}\text{Cr}_5$ (at %)の組成の合金からなる複数の強磁性の結晶粒体3__1が SiO_2 マトリックス3__2中に配列されてなるものである。この結晶粒体3__1は、その粒径の平均値が約 12 nm であってその高さの平均値は記録層3の厚さの 15 nm である、この記録層3を膜厚方向に貫く円柱状の粒体である。記録層3では、この結晶粒体3__1と SiO_2 マトリックス3__2はそれぞれ50%の体積を占める。なお、記録層3の非磁性材料として SiO_2 以外の酸化物セラミックスが用いられてもよい。また、以下では、合金の組成は全てat%で表される。

【0050】結晶粒体3__1を構成する $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{15}\text{Cr}_5$ は、強磁性を示す六方晶の合金であり、その磁化は(001)面に垂直な方向に一軸結晶磁気異方性を有する。

材料	Ar pressure (mTorr)	T_s (°C)	Sputtering Power (kW)	RF Bias (W)
CrMo	5	25	0.5 (DC)	0
CoPtCr-SiO ₂	5	25	0.2 (RF)	20
C	10	25	1.0 (DC)	0

【0056】最左欄に、それぞれ下地層2、記録層3、および保護層4の材料である、CrMo合金、CoPtCr合金と SiO_2 、およびCを示す。それらのそれぞれの欄の右側に順に、それらの材料それぞれからなるターゲットをスパッタリングする際の、Arの圧力(mTorr)、基板温度 T_s (°C)、DCあるいはRFのスパッタリング電力(kW)、および基板1に印可されるRFバイアス電力(W)を示す。まず、 $\text{Cr}_{50}\text{Mo}_{50}$ からなる下地層2は、Arの圧力が 5 mTorr 、基板温度 T_s が 25°C 、 0.5 kW のDCスパッタリング電力で成膜する。基板にRFバイアス電力は印可されない。次に、 $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{15}\text{Cr}_5$ と SiO_2 からなる記録層3は、CoPtCrターゲットと SiO_2 ターゲットを、Arの圧力が 5 mTorr 、基板温度 T_s が 25°C 、電力が 0.2 kW のRFスパッタリングで同時放電させてCoPtCr-SiO₂コンポジット膜として成膜す

【0051】この結晶粒体3__1を分断する SiO_2 マトリックス3__2は、非磁性の酸化物であり、金属と酸化物セラミックスとは非固溶であるので、この構成を有する磁気記憶媒体では、記録層における結晶粒体3__1どうしの分離が良好である。

【0052】下地層2は、記録層3と基板1とを仲介する役割を果たす。下地層2は $\text{Cr}_{50}\text{Mo}_{50}$ (at %)の組成の体心立方構造を有する合金により形成されている。Crの(110)面の面間隔は、結晶粒体3__1のCoPt合金の(002)面の面間隔に近いので、下地層2の上に隣接して結晶粒体3__1がヘテロエピタキシャル成長する。そのため、下地層2に隣接して形成される結晶粒体3__1の磁化は記録層3の面内方向に優先的に配向する。なお、下地層の材料としては、Cr合金を用いることが好ましく、 $\text{Cr}_{50}\text{Mo}_{50}$ 以外のCr合金であってもよい。その他に、下地層の材料として、V、Mo、W、あるいはNiを含む合金、または酸化物もしくは窒化物を用いてもよい。

【0053】上記磁気記憶媒体は、記録層3の上部に隣接して 10 nm の厚さの保護層4を有する。保護層4は硬質のカーボンからなり記録層3を保護するものである。

【0054】この磁気記憶媒体を構成する各層はスパッタリングによって成膜される。表1にスパッタリングの条件を示す。

【0055】

【表1】

る。その際基板にRFバイアス電力を印加し、 SiO_2 マトリックス3__2中に結晶粒体3__1の微細析出を促進させる。そして、Cからなる保護層4は、Arの圧力が 10 mTorr 、基板温度 T_s が 25°C 、 1.0 kW のDCスパッタリング電力で成膜する。基板にRFバイアス電力は印可されない。

【0057】この磁気記憶媒体の特性を従来のグラニュラ媒体と比較する。その前に従来のグラニュラ媒体の構成を図4により示す。

【0058】図4は、従来のグラニュラ媒体の断面構成を示す図である。

【0059】この従来のグラニュラ媒体は、上記磁気記憶媒体とは、下地層を持たない点と記録層の構成が異なる点に置いて異なる。その保護層は、上記磁気記憶媒体の保護層4と同じものであり、また、その基板は、上記磁気記憶媒体の基板1と厚さを除いて同じものである。

ただし、基板の厚さの変化は磁気記憶媒体の特性にほとんど影響を与えない。

【0060】記録層5は、その厚さが20nmであって、複数の球状の結晶粒体5_1とSiO₂マトリックス5_2とからなる。それらの結晶粒体5_1は、強磁性を示すCo₈₀Pt₂₀(at%)の組成の合金からなる。これらの結晶粒体5_1の粒径の平均値は約12nmであり、記録層5では、この結晶粒体5_1とSiO₂マトリックス5_2とはそれぞれ50%の体積を占める。また、これらの複数の球状の結晶粒体5_1は、S
iO₂マトリックス5_2中に分散されてなるとともに、それらの結晶粒体5_1の大部分はそれぞれこのS
iO₂マトリックス5_2によりその全表面を覆われ

媒体	S_{iso}/N_a (dB)	H_k (kOe)	H_c (kOe)	D_{50} (kFCI)	$(K_u \cdot V)/(k_B \cdot T)$	O/W (dB)
従来媒体	28	10	2.0	115	84	20
第1の媒体	28	7	2.2	130	85	30

【0063】最左欄に、媒体の種類を示す。媒体の種類には、表に従来媒体とある従来のグラニューラ媒体と表に第1の媒体とある第1の実施形態の磁気記憶媒体がある。それらの媒体に対して行われた各種の測定結果を、それらのそれぞれの欄の右側に示す。測定された量は、表の最上段に順に示されるように、 S_{iso}/N_a 、複数の結晶粒体の異方性磁界の平均値 H_k (kOe)、媒体の保持力 H_c (kOe)、分解能を表す D_{50} (kFCI)、 $(K_u \cdot V)/(k_B \cdot T)$ 、およびO/W(dB)である。なお、以下の表3~表5でも、表2と同様に、2つの媒体に対する複数種類の測定結果が示される。

【0064】 S_{iso}/N_a は、0kFCI(kilo Flux Changes per Inch)近くの低い線記録密度を持つ孤立波状態の磁気情報を再生した際の出力信号強度 S_{iso} と、160kFCIの線記録密度で記録された磁気情報を再生した際の媒体ノイズ N_a との比である。上記両媒体に対する S_{iso}/N_a はコア幅1.5μmのMRヘッドを用いて評価した。従来のグラニューラ媒体と第1の本実施形態の磁気記憶媒体の両媒体は、ともに28dBという25dB以上の高い S_{iso}/N_a を示した。この理由の1つは、このいずれの媒体の記録層に含まれる複数の結晶粒体もお互いに分断されて磁気的な相互作用を及ぼし合わないの、その記録層の磁化遷移領域での磁化のばらつきが小さく、その記録層を有する磁気記憶媒体の媒体ノイズ N_a が低いためである。もう1つの理由は、上記のいずれの媒体においても、その媒体に含まれる複数の結晶粒体の粒径の平均値が12nmと小さいことにある。

【0065】次に、複数の結晶粒体それぞれの異方性磁界の平均値 H_k については、従来のグラニューラ媒体は10kOeを示し、第1の実施形態の磁気記憶媒体は7kOeを示した。この異方性磁界の値の違いは、これらの両媒体の結晶粒体の組成の違いに起因する。

る。そのため、これらの結晶粒体5_1はヘテロエピタキシャル成長せず、その磁化の配向はほとんど3次元等方である。なお、記録層5は、その組成と厚さを別にして第1の実施形態の記録層3を成膜する際と同じスパッタ条件で成膜される。なお、この従来のグラニューラ媒体も、第1の実施形態の磁気記憶媒体との比較のため上記4条件を満たすように形成された。

【0061】この従来の磁気記憶媒体とともに、上述した第1の実施形態の磁気記憶媒体の静磁気特性および電磁変換特性の測定結果について表2を用いて説明する。

【0062】

【表2】

【0066】そして、保持力 H_c については、従来のグラニューラ媒体は2kOeを示し、第1の実施形態の磁気記憶媒体は2.2kOeを示した。第1の実施形態の磁気記憶媒体は、すぐ上で述べたように従来のグラニューラ媒体よりも小さな異方性磁界の平均値 H_k を有する。しかし、第1の実施形態の磁気記憶媒体は、上述したようにその記録層のそれぞれの結晶粒体が記録層を貫くため、配向については従来のグラニューラ媒体よりも大きい。そのため、上記両媒体は同程度の保持力 H_c を示した。

【0067】次に、 D_{50} について述べる。一般に高い線記録密度で記録された磁気情報ほど、その磁気情報を再生する際の再生出力は減少する。 D_{50} は、0kFCIの線記録密度で記録された磁気情報の再生出力の半分の値の再生出力を示す磁気情報が記録された線記録密度を表す。この D_{50} は、従来のグラニューラ媒体が115kFCIを示し、第1の実施形態の磁気記憶媒体が130kFCIを示した。両媒体とも30nm以下の薄い記録層を有するため、このように高い D_{50} を示した。

【0068】次に、 $(K_u \cdot V)/(k_B \cdot T)$ は、従来のグラニューラ媒体が84という値を示し、第1の実施形態の磁気記憶媒体は85という値を示した。第1の実施形態の磁気記憶媒体は、従来のグラニューラ媒体より異方性磁界の平均値 H_k が小さいので磁気異方性エネルギーの平均値 K_u も小さいけれども、記録層3の複数の結晶粒体それぞれが柱状であるためその高さ方向で体積を得しており、同じ粒径の球状の結晶粒子と比べてそれらの結晶粒体の体積の平均値 V が増加している。そのため、上記両媒体は同程度の $(K_u \cdot V)/(k_B \cdot T)$ を示した。

【0069】最後に、O/Wは、従来のグラニューラ媒体が20という値を示したのに対し、第1の実施形態の磁気記憶媒体は30という著しく高い値を示した。第1の実施形態の磁気記憶媒体は、小さい異方性磁界の平均値

H_k を有するとともに、その記録層のそれぞれの結晶粒子が記録層を貫くためそれらの結晶粒子の磁化は記録層の面内方向に優先的に配向する。このように異方性磁界の小さい配向している磁化は、磁気情報の再書き込みの際にヘッドの磁界により反転され易いため、第1の実施形態の磁気記憶媒体の O/W は高い値を示した。

【0070】以上説明したように、本発明の第1の実施形態の磁気記憶媒体は、高い分解能を持つとともに高い S/N_a を示し、さらに実用上必要な寿命の長さを有する磁気情報を記憶するとともに実用レベルの高い O/W を示す。

【0071】なお、結晶粒子3__1は、粗の部分、密の部分があると媒体ノイズの増大を招くので均一に配列することが好ましく、またその再生出力を増大させるために最密となる配位で配列することが望まれる。

【0072】次に、本発明の第2の実施形態について説

媒体	S_{iso}/N_a (dB)	H_c [周] (kOe)	H_c [径] (kOe)	D_{50} (kFCI)	O/W (dB)
第1の媒体	28	2.2	2200	130	30
第2の媒体	29	2.5	2100	140	35

20

【0077】表に第1の媒体とある第1の実施形態の磁気記憶媒体と表に第2の媒体とある第2の実施形態の磁気記憶媒体それぞれに対する、 S_{iso}/N_a 、媒体の周方向の保持力 H_c (kOe)、媒体の径方向の保持力 H_c (kOe)、分解能を表す D_{50} (kFCI)、および O/W (dB)の測定結果が示される。第2の実施形態の磁気記憶媒体は、第1の実施形態の磁気記憶媒体と比べて、 S_{iso}/N_a が28 dBから29 dBに向上し、周方向の保持力 H_c が2.2 kOeから2.5 Oeに向上し、径方向の保持力 H_c が2.2 kOeから2.1 kOeに減少し、 D_{50} が130 kFCIから140 kFCIに向上し、そして O/W が30 dBから35 dBに向上した。この周方向の保持力 H_c の向上と径方向の保持力 H_c の減少から、テクスチャの存在により記録層3中の複数の結晶粒子の磁化容易軸がその基板1__2の円周方向に優先的に配向したことがわかる。この配向により、上記の、 S_{iso}/N_a 、 D_{50} 、および O/W の向上がもたらされた。

【0078】なお、この第2の実施形態では、基板1__2に周方向のテクスチャを設定することにより磁化容易軸を配向させたが、本発明の磁気記憶媒体は、記録層の成膜時の、磁場中成膜および基板加熱による膜応力により磁化容易軸を配向させるものであってもよい。

媒体	S_{iso}/N_a (dB)	H_c [周] (kOe)	D_{50} (kFCI)	O/W (dB)
第2の媒体	29	2.5	130	35
第3の媒体	30	2.5	140	35

【0084】表に第2の媒体とある第2の実施形態の磁気記憶媒体と表に第3の媒体とある第3の実施形態の磁気記憶媒体それぞれに対する、 S_{iso}/N_a 、媒体の周方

50

明する。

【0073】図5は、本発明の第2の実施形態の磁気記憶媒体の構成を示す図である。

【0074】この第2の実施形態の磁気記憶媒体は基板1__2にテクスチャが設けられている点においてのみ第1の実施形態の磁気記憶媒体と異なる。そのテクスチャは基板1__2のディスクの円周方向に伸びる15 Å間隔のストライプ状に形成されている。このテクスチャの形成により記録層3中の複数の結晶粒子の磁化はその基板1__2の円周方向に優先的に磁化容易軸が配向する。

【0075】この第2の実施形態の磁気記憶媒体の静磁気特性および電磁変換特性の測定結果について表3を用いて説明する。比較のために第1の実施形態の磁気記憶媒体の同じ測定の結果についても述べる。

【0076】

【表3】

媒体	S_{iso}/N_a (dB)	H_c [周] (kOe)	H_c [径] (kOe)	D_{50} (kFCI)	O/W (dB)
第1の媒体	28	2.2	2200	130	30
第2の媒体	29	2.5	2100	140	35

【0079】次に、本発明の第3の実施形態について説明する。

【0080】図6は、本発明の第3の実施形態の磁気記憶媒体の構成を示す図である。

【0081】この第3の実施形態の磁気記憶媒体は、下地層2と記録層3の間に位置するとともにその両層に隣接して $Co_{50}Cr_{50}$ (at%)の組成の合金からなる非磁性で層の厚さが5 nmの中間層6を有する点においてのみ第2の実施形態の磁気記憶媒体と異なる。この中間層6は、表1に示される $CrMo$ 合金と同じスパッタリング条件で成膜されている。この第3の実施形態の磁気記憶媒体と第2の実施形態の磁気記憶媒体とのTEM写真を撮り、その写真から両媒体の複数の強磁性の結晶粒子の粒径分布を比較したところ、第3の実施形態の磁気記憶媒体の複数の結晶粒子の粒径の標準偏差は、第2の実施形態の磁気記憶媒体の複数の結晶粒子の粒径の標準偏差より小さく3.0 nm程度であった。

【0082】この第3の実施形態の磁気記憶媒体の静磁気特性および電磁変換特性の測定結果について表4を用いて説明する。比較のために第2の実施形態の磁気記憶媒体の同じ測定の結果についても述べる。

【0083】

【表4】

媒体	S_{iso}/N_a (dB)	H_c [周] (kOe)	D_{50} (kFCI)	O/W (dB)
第2の媒体	29	2.5	130	35
第3の媒体	30	2.5	140	35

向の保持力 H_c (kOe)、分解能を表す D_{50} (kFCI)、および O/W (dB)の測定結果が示される。第3の実施形態の磁気記憶媒体は、第2の実施形態の磁気

記憶媒体と比べて、 S_{iso}/N_a が 29 dB から 30 dB に向上了。両媒体とも、周方向の保持力 H_c は 2.5 kOe、 D_{50} は 140 kFCI、そして O/W が 35 dB と同じ値を示した。この S_{iso}/N_a の向上は、第 3 の実施形態の磁気記憶媒体に含まれる複数の結晶粒体の粒径が、上述したように、中間層 6 の存在により小さな標準偏差で分布するようになったためである。

【0085】なお、この第 3 の実施形態の磁気記憶媒体は、中間層に $Co_{50}Cr_{50}$ の組成の合金を材料として用いたが、本発明の磁気記憶媒体は、中間層に、Co、Cr、Mo、Ta、V、および W のうちの 1 種類以上の元素からなる合金もしくは酸化物あるいは窒化物を用いてもよい。その際、中間層は下地層とは異なる材料からなるものであることが好ましい。そして、中間層には、この第 3 の実施形態で用いたような、下地層 2 の Cr を含む材料と記録層 3 の結晶粒体の Co を含む材料との中間的な材料である Co および Cr を含む合金を用いることがさらに好ましい。

媒体	S_{iso}/N_a (dB)	H_c [周] (kOe)	D_{50} (kFCI)	O/W (dB)
第 3 の媒体	30	2.5	140	35
第 4 の媒体	30	2.7	145	37

【0091】表に第 3 の媒体とある第 3 の実施形態の磁気記憶媒体と表に第 4 の媒体とある第 4 の実施形態の磁気記憶媒体それぞれに対する、 S_{iso}/N_a 、媒体の周方向の保持力 H_c (kOe)、分解能を表す D_{50} (kFCI)、および O/W (dB) の測定結果が示される。第 4 の実施形態の磁気記憶媒体は、第 3 の実施形態の磁気記憶媒体と比べて、周方向の保持力 H_c が 2.5 kOe から 2.7 Oe に向上了、 D_{50} が 140 kFCI から 145 kFCI に向上了、そして O/W が 35 dB から 37 dB に向上了。また、上記両媒体はともに 30 dB という高い S_{iso}/N_a を示した。この周方向の保持力 H_c の向上から、シード層 7 の存在により記録層 3 中の複数の結晶粒子の磁化容易軸の配向が向上したことがわかる。ここでそれらの磁化容易軸は記録層 3 の面内方向に優先的に配向している。この配向により、上記の、 D_{50} および O/W の向上がもたらされた。

【0092】なお、この第 4 の実施形態の磁気記憶媒体は、シード層に Cr を材料として用いたが、本発明の磁気記憶媒体は、シード層の材料として、Cr、Mo、Ta、V、および W のうちの 1 種類以上の元素からなる合金もしくは酸化物あるいは窒化物を用いてもよい。その際、シード層は下地層と異なる材料からなることが好ましい。

【0093】なお、この第 4 の実施形態の磁気記憶媒体は、第 3 の実施形態の磁気記憶媒体と同様に中間層に $Co_{50}Cr_{50}$ の組成の合金を材料として用いたが、本発明の磁気記憶媒体は、中間層に、Co、Cr、Mo、Ta、V、および W のうちの 1 種類以上の元素からなる合

【0086】最後に、本発明の第 4 の実施形態について説明する。

【0087】図 7 は、本発明の第 4 の実施形態の磁気記憶媒体の構成を示す図である。

【0088】この第 4 の実施形態の磁気記憶媒体は、基板 1_2 と下地層 2 の間に位置するとともにその両層に隣接して Cr からなる非磁性で層の厚さが 5 nm のシード層 7 を有する点においてのみ第 3 の実施形態の磁気記憶媒体と異なる。このシード層 7 は、表 1 に示される CrMo 合金と同じスパッタリング条件で成膜されている。

【0089】この第 4 の実施形態の磁気記憶媒体の静磁気特性および電磁変換特性の測定結果について表 5 を用いて説明する。比較のために第 3 の実施形態の磁気記憶媒体の同じ測定の結果についても述べる。

【0090】

【表 5】

金もしくは酸化物あるいは窒化物を用いてもよい。その際、中間層は下地層の材料およびシード層の材料とは異なる材料からなるものであることが好ましい。そして、中間層には、この第 4 の実施形態で用いたような、下地層 2 の Cr を含む材料と記録層 3 の結晶粒体の Co を含む材料との中間的な材料である Co および Cr を含む合金を用いることがさらに好ましい。

【0094】また、この第 4 の実施形態の磁気記憶媒体はシード層 7 とともに中間層 6 を有するものであったが、本発明の磁気記憶媒体はシード層を含み中間層を含まない構成であってもよい。

【0095】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、高記録密度で情報を記録し、かつその情報を高い信号品質 (高 S/N_a) で再生することが可能であるとともに、記録されている情報の長寿命化が図られながらもオーバーライト特性が良好な磁気記憶媒体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】10 Gbit/inch² の記録密度を有する磁気記憶媒体をモデルとした場合の、結晶粒体の粒径 D に対する S/N_a を示すグラフである。

【図 2】10 Gbit/inch² の記録密度を有する磁気記憶媒体をモデルとした場合の、記録層の厚さ δ に対する磁化遷移領域の幅 a の大きさを示すグラフである。

【図 3】本発明の第 1 の実施形態の磁気記憶媒体の断面構造を示す図である。

【図4】従来のグラニューラ媒体の断面構成を示す図である。

【図5】本発明の第2の実施形態の磁気記憶媒体の構成を示す図である。

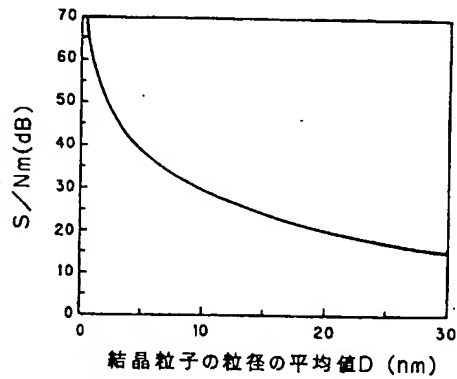
【図6】本発明の第3の実施形態の磁気記憶媒体の構成を示す図である。

【図7】本発明の第4の実施形態の磁気記憶媒体の構成を示す図である。

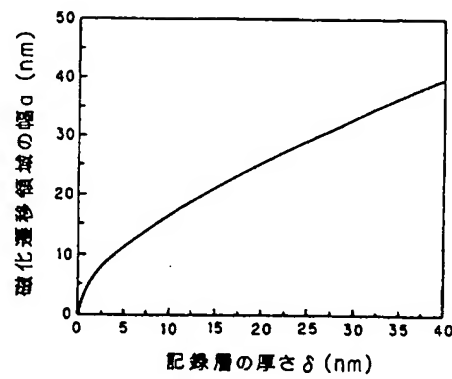
【符号の説明】

- 1、1_2 基板
- 2 下地層
- 3、5 記録層
- 3_1、5_1 結晶粒体
- 3_2、5_2 SiO₂マトリックス
- 4 保護層
- 6 中間層
- 7 シード層

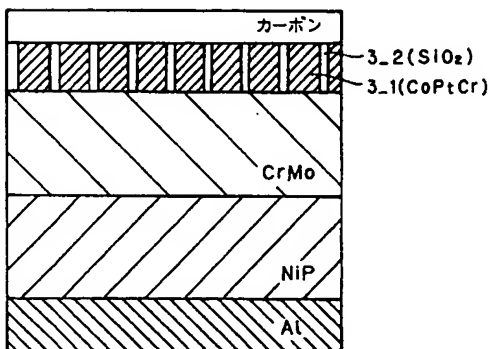
【図1】



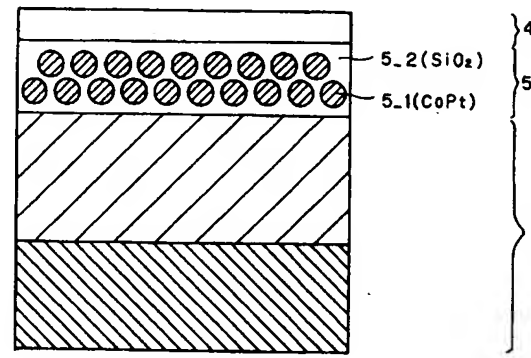
【図2】



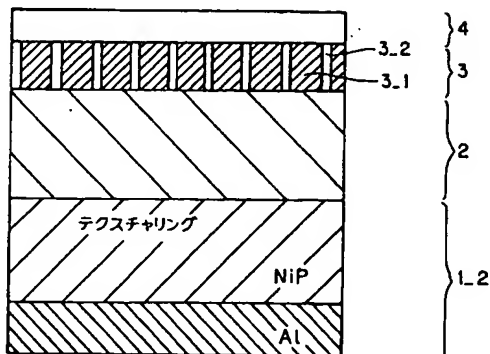
【図3】



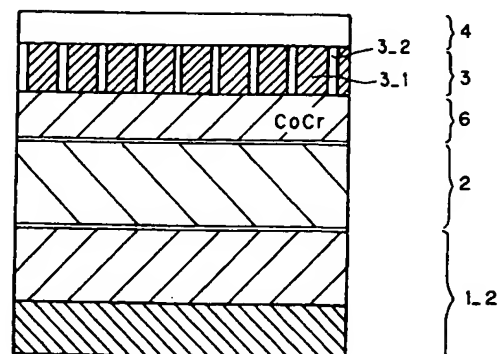
【図4】



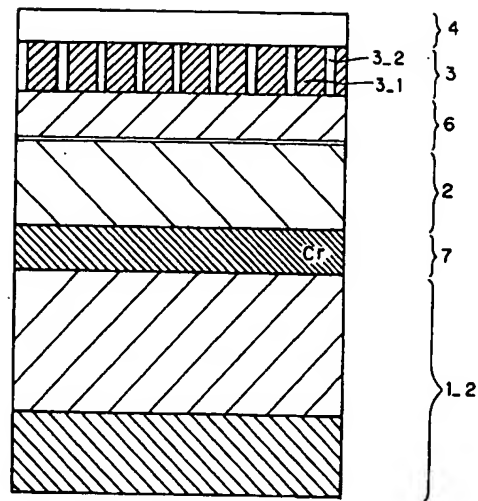
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 岡本 巖
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 5D006 BB01 BB06 BB07 BB09 CA01
 CA06 DA03 FA09
 5D112 AA03 AA05 AA11 AA24 BB05
 BB06 BB10 BD04 FA04
 5E049 AA04 AA09 AC00 BA06 DB02
 DB12 DB20